

Optical method and device for analyzing substances on sensor surfaces.

Patent Number:	EP0617273
Publication date:	1994-09-28
Inventor(s):	FATTINGER CHRISTOF (CH)
Applicant(s):	HOFFMANN LA ROCHE (CH)
Requested Patent:	<input type="checkbox"/> EP0617273, A3, B1
Application	EP19940103973 19940315
Priority Number(s):	CH19930000927 19930326
IPC Classification:	G01N21/55; G02B6/12
Classification:	G01N21/55B, G02B6/12C2B, G02B6/34B4
Equivalents:	CA2119980, DE59410197D, <input type="checkbox"/> JP6300683
Cited patent(s):	EP0455067; EP0482377; WO907149; WO9110122; WO8909394; WO8907756; DE3723159;

Abstract

The optical method for analysing substances relies on the measurement of the propagation properties of optical surface waves on sensor surfaces. Light waves channelled through an optically conducting (wave-conducting) layer structure which is in contact with a sample are coupled out with a grating coupler. The coupling region of the grating coupler is formed by a spatial-resolution detector, so that the plane of the optically conducting layer structure forms the object plane and the detection plane lies in the image plane of the optical image formation. The light distribution of the wave field coupled out which results during image formation is measured using the detector and is used for determining the analytical measurement quantity. The device for implementing the method consists of a suitable optically conducting sensor (1, 2) with grating coupler (3), image formation optics (9) and an optical detector (10). 

Data supplied from the esp@cenet database - 12



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 617 273 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: **94103973.7**

(51) Int. Cl. 5: **G01N 21/55, G02B 6/12**

(22) Anmeldetag: **15.03.94**

(30) Priorität: **26.03.93 CH 927/93**

(71) Anmelder: **F. HOFFMANN-LA ROCHE AG
Grenzacherstrasse 124
CH-4002 Basel (CH)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.09.94 Patentblatt 94/39

(72) Erfinder: **Fattinger, Christof
Emmengasse 7
CH-4249 Blaufen (CH)**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL
PT**

(74) Vertreter: **Buntz, Gerhard et al
Grenzacherstrasse 124
Postfach 3255
CH-4002 Basel (CH)**

(54) Optisches Verfahren und Vorrichtung zur Analyse von Substanzen an Sensoroberflächen.

(57) Das optische Verfahren zur Analyse von Substanzen beruht auf der Messung der Ausbreitungseigenschaften optischer Oberflächenwellen an Sensoroberflächen. In einer wellenleitenden, mit einer Probe in Kontakt befindlichen Schichtstruktur geführte Lichtwellen werden mit einem Gitterkoppler ausgekoppelt. Die Koppelebene des Gitterkopplers wird auf einen ortsauf lösenden Detektor abgebildet, so dass die Ebene der wellenleitenden Schichtstruktur die Objektebene bildet und die Detektionsebene in der Bildebene der optischen Abbildung liegt. Die bei der Abbildung entstehende Lichtverteilung des ausgekoppelten Wellenfeldes mit dem Detektor wird gemessen und zur Bestimmung der analytischen Messgröße verwendet. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht aus einem geeigneten wellenleitenden Sensor (1,2) mit Gitterkoppler (3), einer Abbildungsoptik (9) und einem optischen Detektor (10).

EP 0 617 273 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der Ausbreitungseigenschaften optischer Oberflächenwellen. Das Verfahren eignet sich zum Nachweis und zur Charakterisierung von Molekülen an Sensoroberflächen mit Hilfe von optischen Oberflächenwellen. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und einen Sensor, welcher eine optisch-wellenleitende Schicht mit integriertem optischen Beugungsgitter umfasst, sowie auf die Verwendung solcher Sensoren.

Die Messung von spektroskopischen, physikalischen Größen in unmittelbarer Nähe einer Sensoroberfläche mit Hilfe von optischen Oberflächenwellen ist bekannt. In jüngster Zeit gewinnen Anwendungen dieser Methodik im Bereich der Bioanalytik und Biosensorik zunehmend an Bedeutung. Diese neuen optischen Analyseverfahren beruhen auf der Wechselwirkung der Oberflächenwelle mit den nachzuweisenden Molekülen. Der Nachweis von Substanzen an der Sensoroberfläche erfolgt z.B. durch Messen von Veränderungen der Brechzahl und/oder der optischen Absorption.

Optische Oberflächenwellen sind geführte Lichtwellen, welche sich in oder auf einer wellenleitenden Schichtstruktur entlang einer Oberfläche ausbreiten. Die optische Wellenleitung kann z.B. mit einem Schichtwellenleiter erfolgen. Der Schichtwellenleiter besteht aus einer dünnen, optischwellenleitenden Schicht auf einem planaren Substrat. Alternativ kann die wellenleitende Schichtstruktur aus einer dünnen Metallschicht auf einem Trägersubstrat bestehen. In diesem Fall stellt das sog. Oberflächenplasmon an der Grenzfläche zwischen Metallschicht und Probe die Oberflächenwelle dar.

Hohe, oberflächenspezifische Detektionsempfindlichkeit lässt sich erreichen durch Verwendung von sehr dünnen Schichtwellenleitern mit sehr hoher Brechzahl. Die Dicke der wellenleitenden Schicht liegt dabei deutlich unterhalb der Wellenlänge der geführten Lichtwelle. Die Brechzahl der wellenleitenden Schicht sollte so hoch wie möglich, typischerweise höher als 2, sein.

Für das Ein- und Auskoppeln von kohärentem Licht in den bzw. aus dem Schichtwellenleiter ist es bekannt, ein oder mehrere optische Beugungsgitter, sog. Gitterkoppler, zu verwenden. Vorteilhaft ist die Verwendung eines bidiffraktiven Gitterkoplplers. Der bidiffraktive Gitterkoppler bewirkt eine Richtungsseparation zwischen dem zu detektierenden, ausgekoppelten Licht und den reflektierten, respektive transmittierten Anteilen des einfallenden Lichtstrahls. Dies ermöglicht es, das Licht der Oberflächenwelle nach der Auskopplung hintergrundfrei zu detektieren.

Durch Messen der effektiven Brechzahl der geführten Oberflächenwelle lassen sich Änderun-

gen der Brechzahl in unmittelbarer Nähe der wellenleitenden Schicht mit hoher Empfindlichkeit nachweisen. Auf diesem Messprinzip beruhen bekannte Verfahren zur Untersuchung von Bindungsreaktionen zwischen sog. Rezeptormolekülen und Molekülen, welche spezifisch an die auf der Wellenleiteroberfläche immobilisierten Rezeptormoleküle binden. Auf diese Weise lassen sich molekulare Wechselwirkungen (z.B. Bindungsreaktionen, Sorptionsvorgänge) analysieren.

Zum Stand der Technik gehört die Bestimmung der effektiven Brechzahl der geführten Oberflächenwelle durch Messen des Koppelwinkels. Die Bestimmung der effektiven Brechzahl der geführten Oberflächenwelle durch Messen des Koppelwinkels stellt sehr hohe Anforderungen an die Planarität des Schichtwellenleiters. Außerdem stellen diese bekannten Verfahren zur Detektion von Molekülen an Sensoroberflächen sehr hohe Anforderungen an die Stabilität der Winkelmessung und an die Kontrolle der Lage des Schichtwellenleiters relativ zur Messeinrichtung. Diese hohen Anforderungen sind im Hinblick auf einen breiten Einsatz der Messmethode als Nachteil anzusehen.

Ein Verfahren zur Herstellung von hochbrechenden Schichtwellenleitern auf prägbaren planaren Kunststoffsubstraten ist in der deutschen Patentanmeldung P 42 28 853.3 beschrieben. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, dass sich durch Prägen des Substrates kostengünstig ein optisches Gitter für die Einkopplung bzw. Auskopplung von Licht herstellen lässt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein hochempfindliches Verfahren zur Messung der Ausbreitungseigenschaften optischer Oberflächenwellen zur Verfügung zu stellen, welches für die Analyse von Substanzen auf Sensoroberflächen geeignet ist, eine wirtschaftliche Herstellung der Sensorelemente erlaubt, und einfache Handhabbarkeit des Sensors in der Anwendung gewährleistet.

Diese Aufgabe wird mit einem optischen Verfahren gelöst, das sich durch die in den Patentansprüchen definierten Merkmale auszeichnet. Vorrichtungen und Sensoren zur Durchführung des Verfahrens und Verwendungen desselben sind ebenfalls in den Ansprüchen definiert.

Die Abbildung des ausgekoppelten Wellenfeldes kann mit einer sphärischen oder mit einer zylindrischen Linse erfolgen. Anstelle der Linse kann auch ein Linsensystem, eine Fresnellinse oder eine holographische Linse verwendet werden.

Durch die Abbildung werden verschiedene Orte auf der wellenleitenden Schicht definierten Orten in der Detektionsebene zugeordnet. Der Gitterkoppler sorgt dafür, dass die geführten Lichtwellen auf ihrem Ausbreitungsweg kontinuierlich ausgekoppelt werden. Ueberraschenderweise lässt sich durch Abbilden des ausgekoppelten Wellenfeldes auf ei-

nen ortsauf lösenden Detektor die Ausbreitung der geführten Lichtwellen in der Ebene der wellenleitenden Schicht erfassen. Die Lichtverteilung des ausgekoppelten Wellenfeldes in der Ebene der wellenleitenden Schicht ist charakteristisch für die Ausbreitungseigenschaften der geführten Lichtwellen. Die Lichtverteilung in der Detektionsebene ist ein Abbild der Lichtverteilung des ausgekoppelten Wellenfeldes in der Ebene der wellenleitenden Schicht und wird zur Bestimmung der analytischen Messgröße verwendet.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit einer Abbildung des ausgekoppelten Wellenfeldes in die Detektionsebene eignet sich für wellenleitende Schichtstrukturen auf im wesentlichen planaren Substraten. Die Abbildung bietet den Vorteil, dass die Ausbreitungseigenschaften der geführten Lichtwellen direkt gemessen werden können. Die Kopplungswinkel der ausgekoppelten Lichtstrahlen werden bei der Abbildung nicht erfasst. Geringe Abweichungen der wellenleitenden Schichtstruktur von der Planarität spielen für die Messwerterfassung keine Rolle. Diese Eigenschaft des Messverfahrens vereinfacht die Herstellung der Sensoren erheblich.

Ein zusätzlicher Vorteil der Abbildung besteht darin, dass kleine Lageänderungen der wellenleitenden Schichtstruktur relativ zum Messsystem in erster Näherung keinen Einfluss auf die gemessene Lichtverteilung des Wellenfeldes in der Detektionsebene haben. Diese Eigenschaft des Messverfahrens vereinfacht die Handhabung der Sensoren während der Messung.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es, mehrere geführte Lichtwellen simultan in der Detektionsebene abzubilden. Dabei kann eine der geführten Lichtwellen als Referenzwelle verwendet werden. Gemessen wird z.B. der Unterschied der Ausbreitungseigenschaften zwischen Messwelle und Referenzwelle.

Für den Vergleich der Ausbreitungseigenschaften von Messwelle und Referenzwelle hat sich das folgende Messverfahren überraschenderweise als vorteilhaft erwiesen: Die Oberfläche der wellenleitenden Schicht wird in definierten, streifenförmigen Bereichen mit einer Deckschicht aus einem Material niedriger Brechzahl versehen. Ein Lichtstrahl wird z.B. mit einem Gitterkoppler in den Schichtwellenleiter eingekoppelt, so dass die Ausbreitungsrichtung der geführten Lichtwelle parallel zu den mit der Deckschicht versehenen streifenförmigen Bereichen des Wellenleiters verläuft. Durch die Deckschicht wird ein Teil der geführten Lichtwelle von der Probe auf der Sensoroberfläche abgeschirmt. Der Teil der geführten Lichtwelle, welcher sich ausserhalb der streifenförmigen Bereiche des Wellenleiters mit Deckschicht ausbreitet, tritt mit den nachzuweisenden Molekülen an der Sensoroberfläche in Wechselwirkung und dient als Mess-

welle. Der Teil der geführten Lichtwelle, welcher sich innerhalb der streifenförmigen Bereiche des Wellenleiters mit Deckschicht ausbreitet, dient als Referenzwelle. Die Ausbreitungswege von Messwelle und Referenzwelle verlaufen parallel nebeneinander. Durch das Aufbringen der Deckschicht wird die wellenleitende Schichtstruktur so verändert, dass sich die effektiven Brechzahlen von Messwelle und Referenzwelle geringfügig voneinander unterscheiden.

Messwelle und Referenzwelle werden mit einem Gitterkoppler ausgekoppelt, und das ausgekoppelte Wellenfeld wird mit einer zylindrischen Optik auf die Detektionsebene abgebildet. Die Zylinderachse der Abbildungsoptik steht dabei senkrecht zur Ausbreitungsrichtung von Messwelle und Referenzwelle. Die beiden Anteile des Wellenfeldes, welche durch Auskoppeln von Messwelle und Referenzwelle entstehen, werden durch die eindimensionale Abbildung der zylindrischen Optik überlagert. Dabei entsteht ein streifenförmiges Interferenzmuster in der Detektionsebene. Die Periodizität des Interferenzmusters in der Detektionsebene ist durch die Differenz der effektiven Brechzahlen von Messwelle und Referenzwelle und durch den Abbildungsmassstab gegeben. Durch Auswerten der räumlichen Periodizität des Interferenzmusters, z.B. durch Fouriertransformation der gemessenen Lichtintensitätsverteilung in der Detektionsebene, lässt sich der relative Phasenverlauf von Messwelle und Referenzwelle mit sehr grosser Genauigkeit messen. Auf diese Weise lassen sich Änderungen der Brechzahl in unmittelbarer Nähe der wellenleitenden Schicht erfassen und der analytischen Messgröße zuordnen.

Durch Aufbringen einer Deckschicht aus SiO auf dünne Wellenleiter mit hoher Brechzahl lässt sich erreichen, dass der Unterschied zwischen den effektiven Brechzahlen von Messwelle und Referenzwelle in einen Bereich zu liegen kommt, welcher eine Auswertung des Interferenzmusters in der Detektionsebene mit einer Diodenzeile ermöglicht. Bei einem Abbildungsmassstab 1:1 von der wellenleitenden Schicht auf die Detektionsebene liegt die Periodenlänge des Interferenzmusters typischerweise zwischen ca. 20 - 100 Mikrometer.

Eine zweite analytische Messgröße erhält man durch Messen der Lichtintensität in der Detektionsebene. Die gemittelte Intensität und/oder der Abfall der Intensität in Ausbreitungsrichtung der geführten Lichtwelle gibt Aufschluss über die Dämpfung (Extinktion) der optischen Oberflächenschwelle.

Eine alternative Methode für den Vergleich der Ausbreitungseigenschaften von zwei geführten Lichtwellen ist das folgende Messverfahren: Zwei zueinander kohärente Lichtstrahlen werden z.B. mit einem Gitterkoppler in den Schichtwellenleiter ein-

gekoppelt, wobei einer der Lichtstrahlen den transversal elektrisch (TE) polarisierten Mode des Wellenleiters anregt und der andere Lichtstrahl den transversal magnetisch (TM) polarisierten Mode des Wellenleiters anregt. Die Ausbreitungswege der beiden Moden verlaufen parallel nebeneinander oder gemeinsam auf demselben Weg. Für dünne Wellenleiter mit hoher Brechzahl ist die Wechselwirkung des TE-polarisierten Modes und des TM-polarisierten Modes mit den nachzuweisenden Molekülen auf der Wellenleiteroberfläche deutlich verschieden. Die effektiven Brechzahlen des TE-Modes und des TM-Modes weisen einen beträchtlichen Unterschied auf, die Periodenlänge der räumlichen Schwebung der beiden Moden ist typischerweise kleiner als 5 Mikrometer.

Durch Verwendung eines bidiffraktiven Gitterkopplers lässt sich der relative Phasenverlauf des TE-Modes und des TM-Modes auf einfache Weise messen. Dazu wird die wellenleitende Schicht im Bereich der Ausbreitungswege der beiden Moden mit einem bidiffraktiven Gitterkoppler mit geeignet gewählten Periodenlängen der beiden Gitterkomponenten versehen. Der TE-Mode wird über die Gitterkomponente mit der kürzeren Periode ausgekoppelt, der TM-Mode wird über die Gitterkomponente mit der längeren Periode ausgekoppelt. Das ausgekoppelte Wellenfeld wird auf die Detektionsebene abgebildet. Dazu kann eine spärliche oder eine zylindrische Abbildungsoptik verwendet werden. Die beiden Anteile des Wellenfeldes, welche durch Auskoppeln des TE-Modes und des TM-Modes entstehen, werden durch einen Polarisator zur Interferenz gebracht, wobei ein streifenförmiges Interferenzmuster in der Detektionsebene entsteht. Die Periodizität des Interferenzmusters in der Detektionsebene ist durch die Differenz der effektiven Brechzahlen des TE-Modes und des TM-Modes, durch die Differenz der Periodenlängen der beiden Gitterkomponenten des bidiffraktiven Gitterkopplers und durch den Abbildungsmassstab gegeben. Durch Auswerten der räumlichen Periodizität des Interferenzmusters, z.B. durch Fouriertransformation der gemessenen Intensitätsverteilung in der Detektionsebene, lässt sich der relative Phasenverlauf des TE-Modes und des TM-Modes mit sehr grosser Genauigkeit messen. Auf diese Weise lassen sich Änderungen der Brechzahl in unmittelbarer Nähe der wellenleitenden Schicht erfassen und der analytischen Messgrösse zuordnen.

Optische Beugungsgitter für die Einkopplung und die Auskopplung von Licht in den bzw. aus dem Schichtwellenleiter können sich sowohl über begrenzte Regionen der wellenleitenden Schicht, als auch vollflächig über die gesamte wellenleitende Schicht erstrecken. Die vollflächige Ausbildung der Koppelgitter hat den Vorteil, dass eine aufwendige Justage bei der Ein- bzw. Auskopplung des

Lichts entfällt.

Insbesondere bei Verwendung des erfindungsgemässen Verfahrens in der optischen Oberflächensorik und Biosensorik ist die Verwendung eines vollflächig ausgebildeten, bidiffraktiven Gitterkopplers vorteilhaft. Der bidiffraktive Gitterkoppler ermöglicht es, in der wellenleitenden Schicht geführtes Licht nach der Auskopplung hintergrundfrei zu detektieren, obwohl die Regionen auf der wellenleitenden Schicht, in denen das Ein- und Auskoppeln der geführten Lichtwelle erfolgt, teilweise überlappen. Die Verwendung eines vollflächig ausgebildeten, bidiffraktiven Gitterkopplers bietet den Vorteil translationsinvarianter Koppeleffizienz.

Der vollflächig ausgebildete, bidiffraktive Gitterkoppler lässt sich sowohl für die Einkopplung, als auch für die Auskopplung der beiden Moden verwenden. Dabei wird der TE-Mode über die Gitterkomponenten mit der längeren Periode eingekoppelt und über die Gitterkomponenten mit der kürzeren Periode ausgekoppelt. Der TM-Mode wird über die Gitterkomponente mit der kürzeren Periode eingekoppelt und über die Gitterkomponente mit der längeren Probe ausgekoppelt.

Auch bei Verwendung des erfindungsgemässen Verfahrens mit einer Messwelle und mit einer Referenzwelle, wobei sich die Referenzwelle in streifenförmigen Bereichen des Wellenleiters mit Deckschicht ausbreitet, erfolgen Einkopplung und Auskopplung vorzugsweise mit einem vollflächig ausgebildeten, bidiffraktiven Gitterkoppler. Die Einkopplung von Messwelle und Referenzwelle erfolgt z.B. über die Gitterkomponente mit der längeren Periode und die Auskopplung von Messwelle und Referenzwelle über die Gitterkomponente mit der kürzeren Periode.

Die Periodenlängen der beiden Gitterkomponenten des bidiffraktiven Gitterkopplers werden so gewählt, dass das ausgekoppelte Wellenfeld in die Apertur der Abbildungsoptik fällt und der Winkelbereich für die einfallenden Lichtstrahlen neben die Abbildungsoptik zu liegen kommt.

Die Eigenschaft der Translationsinvarianz der Koppeleffizienz lässt sich auch erreichen bei Verwendung des erfindungsgemässen Verfahrens mit einer Messwelle und einer Referenzwelle, bei dem sich die Referenzwelle in streifenförmigen Bereichen des Wellenleiters ausbreitet, welche mit einer Deckschicht versehen sind. Dazu wird die Deckschicht in Form eines Rasters von schmalen parallelen Streifen auf die wellenleitende Schicht aufgebracht. Die Gitterlinien des bidiffraktiven Gitterkopplers sind mit Vorteil senkrecht zu den mit der Deckschicht versehenen streifenförmigen Bereichen des Wellenleiters orientiert. Die Ausbreitungsrichtungen von Messwelle und Referenzwelle verlaufen parallel zu den streifenförmigen Bereichen mit Deckschicht. Breite und Abstand der streifenförmigen Bereiche mit Deckschicht sind grösser

als die Lichtwellenlänge und kleiner als die Ausdehnung der geführten Lichtwelle senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Der Teil der geführten Lichtwelle, welcher sich zwischen den streifenförmigen Bereichen mit Deckschicht ausbreitet, dient als Messwelle. Der Teil der geführten Lichtwelle, welcher sich innerhalb der streifenförmigen Bereiche mit Deckschicht ausbreitet, dient als Referenzwelle. Messwelle und Referenzwelle werden über das bidiffraktive Gitter ausgekoppelt, und das ausgekoppelte Wellenfeld wird mit einer zylindrischen Optik auf die Detektionsebene abgebildet. Die Zylinderachse der Abbildungsoptik steht senkrecht zu den streifenförmigen Bereichen mit Deckschicht. Die beiden Anteile des Wellenfeldes, welche durch Auskoppeln von Messwelle und Referenzwelle entstehen, werden durch die eindimensionale Abbildung der zylindrischen Optik überlagert. Dabei entsteht ein streifenförmiges Interferenzmuster in der Detektionsebene. Die räumliche Periodizität des Interferenzmusters in der Detektionsebene lässt sich ebenfalls mit grosser Genauigkeit messen und der analytischen Messgrösse zuordnen.

Die Einfallswinkel der Lichtstrahlen sind so zu wählen, dass die Koppelbedingung erfüllt ist. Durch eine leichte Fokussierung der einfallenden Strahlen wird eine Verbreiterung der Resonanzkurve für die Kopplung erreicht, so dass eine aufwendige Justage bei der Einkopplung des Lichts entfällt.

Die Einstellung der Einfallswinkel für die Kopplung erfolgt z.B. mit einem geeigneten Strahlführungssystem. Eine alternative Methode für die Einstellung der Einfallswinkel besteht darin, konvergente Strahlbündel anzubieten und mit Spaltblenden schmale Teilbündel der konvergenten Strahlenbündel auszublenden. Die Lage der Spaltblende im konvergenten Strahlenbündel bestimmt den Einfallswinkel für die Kopplung der geführten Lichtwelle.

Mit einer Zeile räumlich adressierbarer Blenden lässt sich die Einstellung der Einfallswinkel ohne Verwendung von beweglichen Teilen durchführen. Die Zeile räumlich adressierbarer Blenden für das einfallende Licht kann z.B. aus einer Flüssigkristallzelle mit zeilenförmig angeordneten, stabförmigen Bildelementen bestehen. Die adressierten, auf Lichtdurchlass gestellten Bildelemente der Zeile definieren die für die Kopplung erforderlichen Einfallswinkel.

Im Bereich der Bioanalytik und Biosensorik gewinnen refraktometrische Messungen an Sensoroberflächen mit Hilfe optischer Oberflächenwellen zunehmend an Bedeutung. Mit dieser Methode lässt sich der Verlauf molekularer Wechselwirkungen durch Messen der Veränderung der Brechzahl in unmittelbarer Nähe der Sensoroberfläche untersuchen. Dieses Sensorverfahren lässt sich auch für den Nachweis von Substanzen z.B. in gasförmigen

und flüssigen Proben verwenden.

Eine neue Methode zum Nachweis von Substanzen z.B. in gasförmigen und flüssigen Proben ist das Messen der optischen Absorption in unmittelbarer Nähe einer Sensoroberfläche. Die Absorption an der Sensoroberfläche erhält man durch Messen der Dämpfung (Extinktion) einer optischen Oberflächenwelle. Die Absorptionsmessung bei einer festen Wellenlänge erfolgt z.B. durch Messen der Lichtintensität in der Detektionsebene beim Einfallswinkel für optimale Kopplung der Oberflächenwelle.

Im folgenden werden anhand der beiliegenden Zeichnungen Ausführungsbeispiel von Vorrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens beschrieben. Es zeigen in stark schematisierter Darstellung

Figur 1 einen Schnitt durch eine Vorrichtung zur Analyse von Substanzen an Sensoroberflächen mit Hilfe optischer Oberflächenwellen,

Figur 2 eine perspektivische Darstellung eines Sensors zur Analyse von Substanzen mit der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung.

Figur 3 einen Schnitt durch eine Vorrichtung zur Messung der örtsgängigen, relativen Phase des TE polarisierten Modes und des TM polarisierten Modes in einem dünnen Schichtwellenleiter hoher Brechzahl,

Figur 4 eine perspektivische Darstellung eines Sensors zur Analyse von Substanzen mit der in Figur 3 gezeigten Vorrichtung,

Figur 5 eine schematische Schnittdarstellung einer Vorrichtung zur Messung der Ausbreitungseigenschaften optischer Oberflächenwellen mit einer Zeile räumlich adressierbarer Blenden für das einfallende Licht.

In Figur 1 ist ein Schnitt durch eine Vorrichtung zur Analyse von Substanzen an Sensoroberflächen gezeigt. Ein Schichtwellenleiter 1 auf einem planaren Substrat 2 ist mit einem bidiffraktiven Gitterkoppler 3 versehen. Durch eine Deckschicht 4 wird ein Teil einer geführten Lichtwelle 5, die sog. Referenzwelle 6, von der Probe auf der Sensoroberfläche abgeschirmt. Der andere Teil der geführten Lichtwelle 5, die sog. Messwelle 7, tritt mit nachzuweisenden Molekülen auf der Wellenleiteroberfläche 8 in Wechselwirkung. Die Messwelle und die Referenzwelle werden mit dem bidiffraktiven Gitterkoppler ausgekoppelt. Das ausgekoppelte Wellenfeld wird mit einer Zylinderlinse 9 auf einen ortsauf lösenden Detektor 10 abgebildet. Dabei entsteht ein räumlich periodisches Interferenzmuster 11 in der Detektionsebene. Durch Auswerten der räumlichen

Periodizität des Interferenzmusters, z.B. durch Fouriertransformation der in der Detektionsebene gemessenen Intensitätsverteilung, lässt sich die ortsabhängige, relative Phase von Messwelle und Referenzwelle mit sehr grosser Genauigkeit messen. Auf diese Weise lassen sich Änderungen der Brechzahl in unmittelbarer Nähe der wellenleitenden Schicht erfassen und der analytischen Messgrösse zuordnen. Die Einfallswinkel der Lichtstrahlen 12 und 13 sind so zu wählen, dass die Koppelbedingung für die Messwelle und die Referenzwelle erfüllt ist. Durch eine leichte Fokussierung der einfallenden Strahlen wird eine Verbreiterung der Resonanzkurve für die Kopplung erreicht, so dass eine aufwendige Justage bei der Einkopplung des Lichts entfällt.

Figur 2 zeigt eine Ausführungsform eines Sensors zur Analyse von Substanzen mit Hilfe der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung. Der Sensor umfasst eine optisch-wellenleitende Schicht 1 mit einem vollflächig ausgebildeten, bidiffraktiven Gitterkoppeler 3 auf einem planaren Substrat 2. Die Oberfläche der wellenleitenden Schicht ist in parallelen, streifenförmigen Bereichen mit einer Deckschicht 4 aus einem Material mit niedriger Brechzahl versehen. Die Ausbreitungsrichtung der geführten Lichtwelle verläuft parallel zu den mit der Deckschicht versehenen streifenförmigen Bereichen des Wellenleiters. Die Breite der streifenförmigen Bereiche und ihr Abstand sind grösser als die Lichtwellenlänge und kleiner als die Ausdehnung der geführten Lichtwelle senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Der Teil der geführten Lichtwelle, welcher sich zwischen den streifenförmigen Bereichen mit Deckschicht ausbreitet, dient als Messwelle. Der Teil der geführten Lichtwelle, welcher sich innerhalb der streifenförmigen Bereiche mit Deckschicht ausbreitet dient als Referenzwelle.

Figur 3 zeigt eine Vorrichtung zur Messung der ortsabhängigen, relativen Phase des TE-polarisierten Modes und des TM-polarisierten Modes in einem dünnen Schichtwellenleiter hoher Brechzahl. Ein Schichtwellerleiter 1 auf einem planaren Substrat 2 ist mit einem bidiffraktiven Gitterkoppler 3 versehen. Zwei zueinander kohärente Lichtstrahlen 12 und 13 werden mit dem bidiffraktiven Gitterkoppler in den Schichtwellenleiter eingekoppelt, wobei einer der Lichtstrahlen den transversal elektrisch (TE) polarisierten Mode des Wellenleiters und der andere Lichtstrahl den transversal magnetisch (TM) polarisierten Mode des Wellenleiters anregt. Die Ausbreitungswege der beiden Moden verlaufen parallel nebeneinander oder gemeinsam auf demselben Weg. Die Wechselwirkung des TE-polarisierten Modes und des TM-polarisierten Modes mit den nachzuweisenden Molekülen auf der Wellenleiteroberfläche 8 ist deutlich verschieden. Die beiden Moden werden mit dem bidiffraktiven Gitter-

koppeler ausgekoppelt. Das ausgekoppelte Wellenfeld wird mit der Linse 9 auf einen ortsauf lösenden Detektor 10 abgebildet und mit einem Polarisator 14 zur Interferenz gebracht. Dabei entsteht ein räumlich periodisches Interferenzmuster 11 in der Detektionsebene. Durch Auswerten der räumlichen Periodizität des Interferenzmusters, z.B. durch Fouriertransformation der in der Detektionsebene gemessenen Lichtintensitätsverteilung, lässt sich die ortsabhängige, relative Phase der beiden Moden mit sehr grosser Genauigkeit messen. Auf diese Weise lassen sich Änderungen der Brechzahl in unmittelbarer Nähe der wellenleitenden Schicht erfassen und der analytischen Messgrösse zuordnen.

Figur 4 zeigt eine Ausführungsform des Sensors zur Analyse von Substanzen mit Hilfe der in Figur 3 gezeigten Vorrichtung. Der Sensor umfasst eine optisch-wellenleitende Schicht 1 mit einem vollflächig ausgebildeten, bidiffraktiven Gitterkoppeler 3 auf einem planaren Substrat 2.

Figur 5 zeigt das Schnittbild einer weiteren Ausführungsform einer Vorrichtung zur Analyse von Substanzen an Sensoroberflächen. Die Einstellung der Winkel der einfallenden Lichtstrahlen erfolgt mit Hilfe einer Zeile 15 von räumlich adressierbaren Blenden im Strahlengang eines konvergenten Strahlenbündels 16. Die adressierten, auf Lichtdurchlass gestellten Blenden der Zeile definieren die Einfallswinkel für die Kopplung. Durch die Blendenöffnungen werden die für die Kopplung geeigneten, leicht fokussierten Teilbündel 12 und 13 aus dem konvergenten Strahlenbündel 16 ausgebündelt.

35 Patentansprüche

1. Optisches Verfahren zur Analyse von Substanzen an Sensoroberflächen bei welchem in einer wellenleitenden Schichtstruktur geführte Lichtwellen mit einem Gitterkoppler ausgekoppelt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Koppelregion des Gitterkoppplers auf einen ortsauf lösenden Detektor abgebildet wird, so dass die Ebene der wellenleitenden Schichtstruktur die Objektebene bildet und die Detektionsebene in der Bildebene der optischen Abbildung liegt, und dass die bei der Abbildung entstehende Lichtverteilung des ausgekoppelten Wellenfeldes mit dem Detektor gemessen und zur Bestimmung der analytischen Messgrösse verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wellenleitende Schichtstruktur eine optisch-wellenleitende Schicht auf einem Trägersubstrat umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wellenleitende Schichtstruktur eine dünne Metallschicht auf einem Trägersubstrat umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einkopplung der geführten Lichtwellen mit einem Gitterkoppler erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einkopplung und die Auskopplung der geführten Lichtwellen mit einem vollflächig ausgebildeten Gitterkoppler erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einkopplung und die Auskopplung der geführten Lichtwellen mit einem vollflächig ausgebildeten, bidiffraktiven Gitterkoppler erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auskopplung der geführten Lichtwellen über verschiedene Gitterkomponenten eines bidiffraktiven Gitterkopplers erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildung des ausgekoppelten Wellenfeldes mit einer sphärischen Linse, einer zylindrischen Linse, einem Linsensystem, einer Fresnellinse oder einer holographischen Linse erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtverteilung in der Detektionsebene mit einer Diodenzeile gemessen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich eine der geführten Lichtwellen in einem Bereich des Wellenleiters mit einer Deckschicht ausbreitet.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht aus SiO₂ oder aus einem anderen Material niedriger Brechzahl besteht.
12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die geführten Lichtwellen unterschiedliche Polarisation aufweisen.
13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die geführten Lichtwellen zueinander kohärent sind.
14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die geführten Lichtwellen parallel nebeneinander oder auf demselben Weg ausbreiten.
15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Unterschied der Ausbreitungseigenschaften der geführten Lichtwellen gemessen wird.
16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Abbildung des ausgekoppelten Wellenfeldes in der Detektionsebene ein Interferenzmuster entsteht.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Strahlengang der Abbildungsoptik ein Polarisator befindet.
18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Periodizität des Interferenzmusters zur Bestimmung der analytischen Messgröße verwendet wird.
19. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der relative Phasenverlauf der geführten Lichtwellen gemessen wird.
20. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass für die Abbildung des ausgekoppelten Wellenfeldes eine zylindrische Optik verwendet wird und, dass die Zylinderachse der Optik senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der geführten Lichtwellen orientiert ist.
21. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Detektionsebene die gemittelte Lichtintensität gemessen wird.
22. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass in der Detektionsebene der Abfall der Lichtintensität in Ausbreitungsrichtung der geführten Lichtwellen gemessen wird.
23. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die einfallenden Lichtstrahlen leicht fokussiert sind.
24. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung der Einfallswinkel für die Kopplung der einfallenden Lichtstrahlen mit einem Strahlführungssystem erfolgt.
25. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung der Winkel der einfallenden Lichtstrahlen mit Spaltblenden im Strahlengang eines konvergenten Strahlenbündels erfolgt.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellung der Winkel der einfallenden Lichtstrahlen mit einer Zeile räumlich adressierbarer Blenden erfolgt.
27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeile räumlich adressierbarer Blenden aus einer Flüssigkristall-Drehzelle mit zeilenförmig angeordneten, Bildelementen besteht.
28. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den vorangehenden Ansprüchen mit einem Sensor (1,2), der eine mit der zu analysierenden Substanz in Kontakt zu bringende Oberfläche (8) besitzt, einer optisch wellenleitenden Schichtstruktur (1) an der genannten Oberfläche, einem Gitterkoppler (3) in der Schichtstruktur zum Auskoppeln einer in ihr geführten Lichtwelle und einer Messanordnung zur Messung von Eigenschaften der ausgekoppelten Lichtwelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Messanordnung ein optisches Abbildungssystem (9) zur Abbildung des Gitterkopplers und einen in der Bildebene des Abbildungssystems angeordneten ortsauflösenden Detektor (10) enthält.
29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Abbildungssystem (9) eine zylindrische Optik ist.
30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinderachse der Optik (9) senkrecht zu Ausbreitungsrichtung der geführten Lichtwelle orientiert ist.
31. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Abbildungssystem (9) eine Fresnellinse ist.
32. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Abbildungssystem (9) eine holographische Linse ist.
33. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Detektor (10) eine Diodenzeile ist.
34. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor einen Gitterkoppler (3) zum Einkoppeln einer Lichtwelle enthält.
35. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor mit einem vollflächig ausgebildeten bidiffraktiven Gitterkoppeler (3) versehen ist.
36. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor in definierten Bereichen mit einer Deckschicht (4) versehen ist.
37. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht (4) aus einem Material mit niedriger Brechzahl besteht.
38. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht (4) aus SiO_2 besteht.
39. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht (4) aus zur Ausbreitungsrichtung der geführten Lichtwelle parallelen Streifen besteht.
40. Sensor nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite und der Abstand der Streifen grösser als die Lichtwellenlänge und kleiner als die Ausdehnung der geführten Lichtwelle senkrecht zur Ausbreitungsrichtung ist.
41. Vorrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang des zum Einkoppeln vorgesehenen Lichts (12,13) ein Strahlführungssystem (15) angeordnet ist.
42. Vorrichtung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlführungssystem (15) Spaltblenden enthält.
43. Vorrichtung nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltblenden aus einer elektrisch steuerbaren Anordnung von Lichtsteuerzellen besteht.
44. Vorrichtung nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtsteuerzellen Flüssigkristallzellen sind.
45. Sensor zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-27 mit einer Sensoroberfläche (8) für den Kontakt mit der zu analysierenden Substanz, einer optisch wellenleitenden Schichtstruktur (1) auf der Sensoroberfläche und einem Gitterkoppler (3) in der Schichtstruktur zum Auskoppeln einer in ihr geführten Lichtwelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoroberfläche (8) in definierten Bereichen mit einer Deckschicht (4) versehen ist.
46. Verwendung eines Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1-27 zur Durchführung refraktometrischer Messungen an Sensorober-

flächen.

47. Verwendung eines Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1-27 zur Messung der optischen Absorption an Sensoroberflächen. 5
48. Verwendung eines Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1-27 zur Analyse von Substanzen an Sensoroberflächen. 10
49. Verwendung eines Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1-27 zum Nachweis von Substanzen an Sensoroberflächen.
50. Verwendung eines Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 1-27 zur Bestimmung des Verlaufs molekularer Wechselwirkungen. 15
51. Verwendung eines Sensors nach Anspruch 29 zu Analyse von Substanzen. 20
52. Verwendung eines Sensors nach Anspruch 29 zum Nachweis von Substanzen.
53. Verwendung eines Sensors nach Anspruch 29 zur Bestimmung des Verlaufs molekularer Wechselwirkungen. 25

30

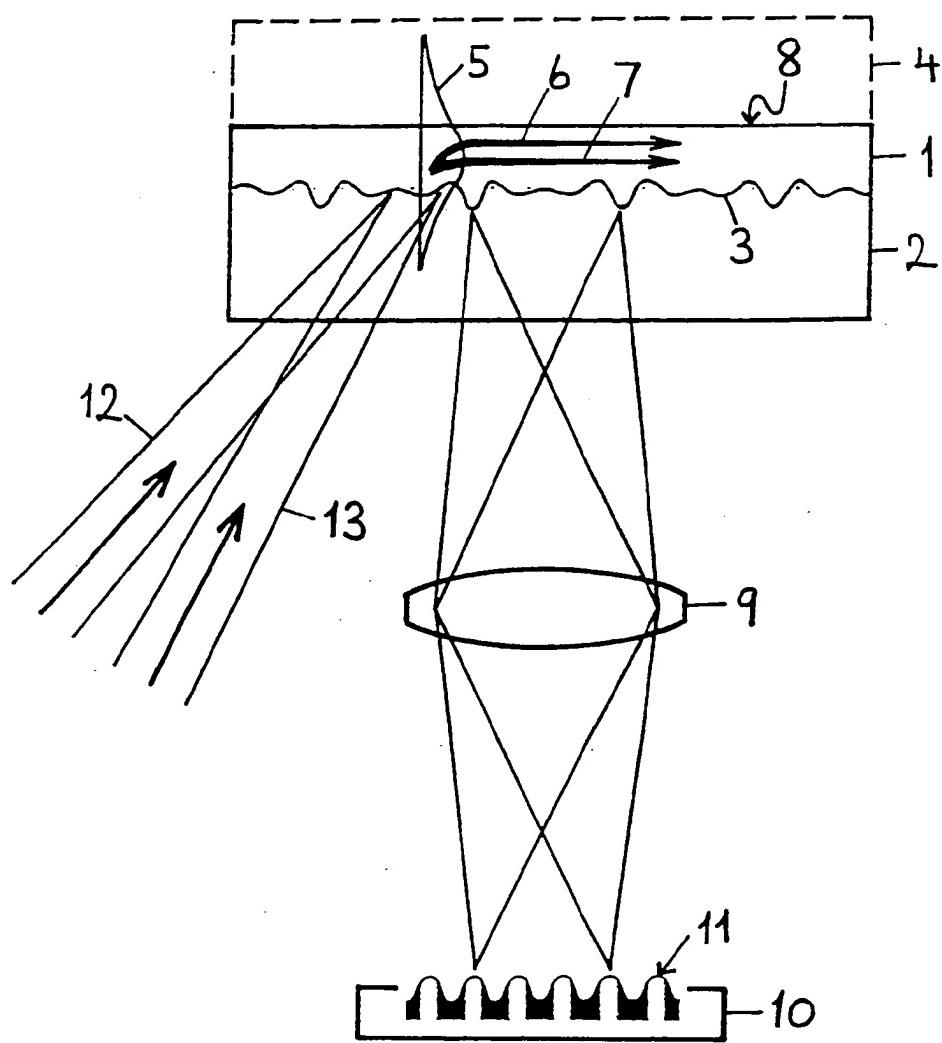
35

40

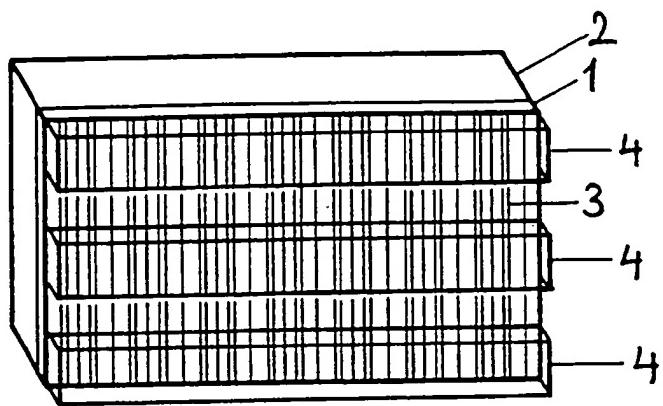
45

50

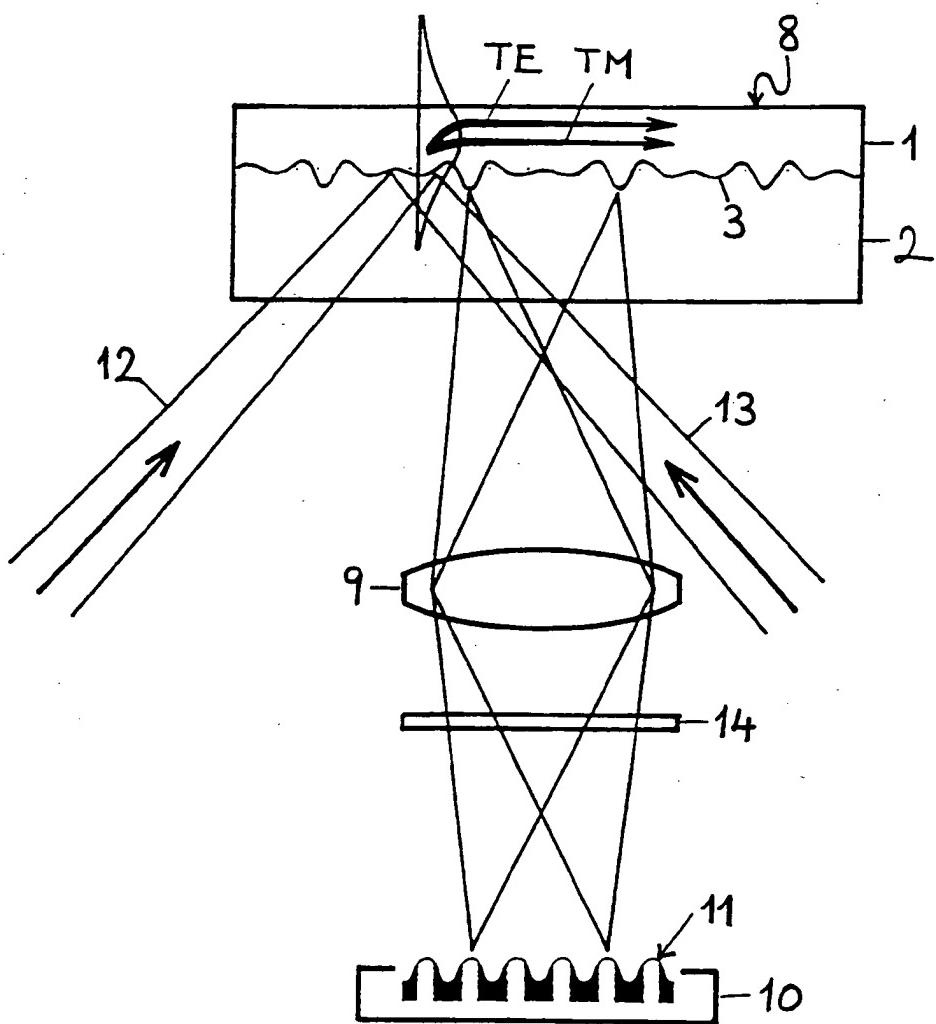
55



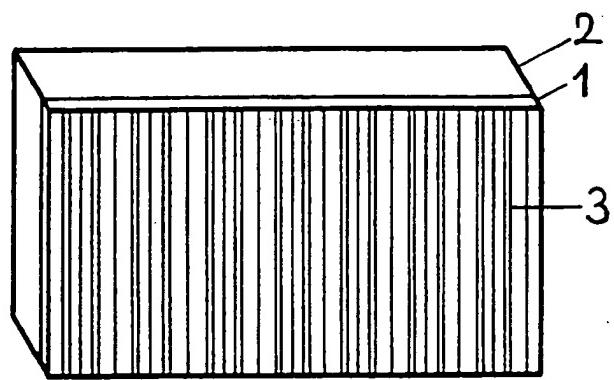
FIGUR 1



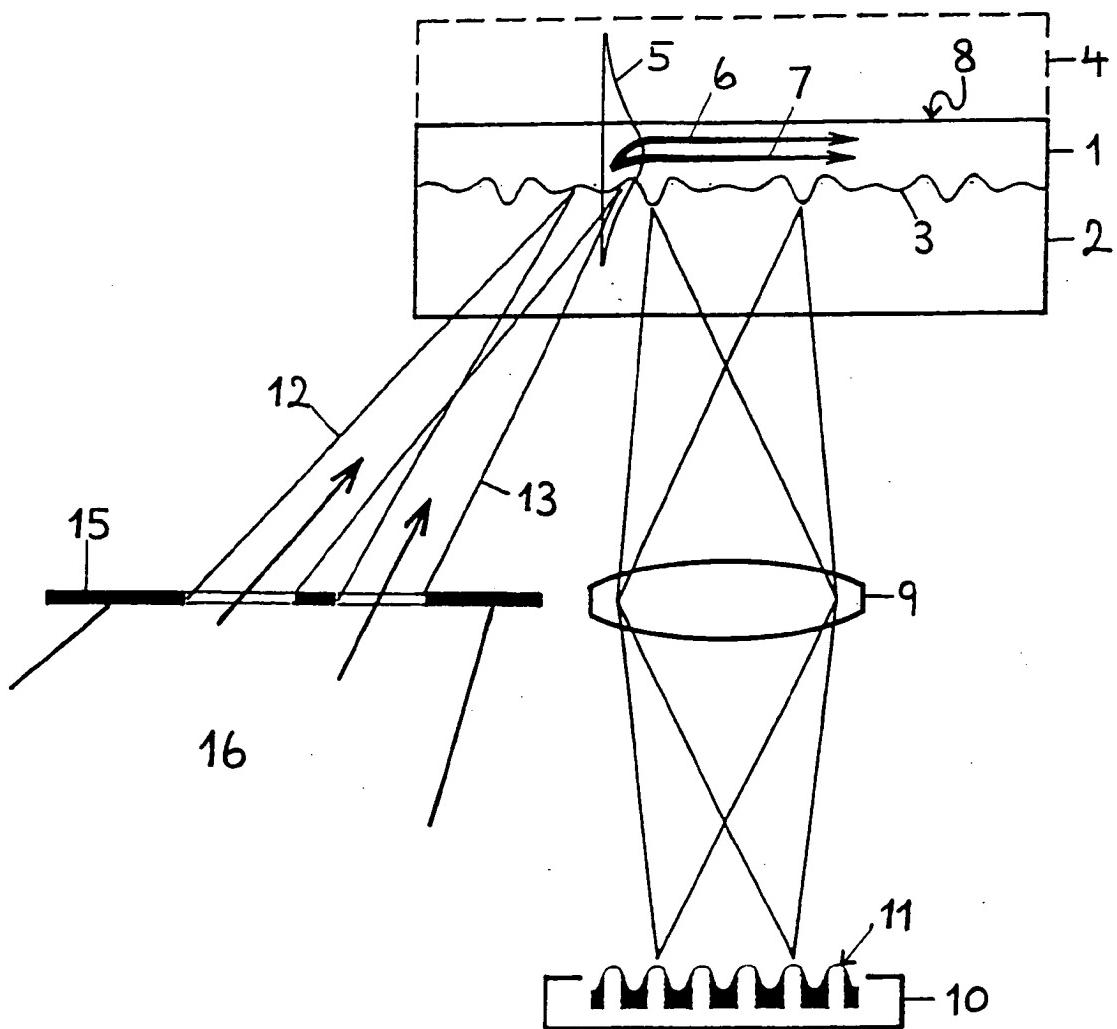
FIGUR 2



FIGU R 3



FIGUR 4



FIGUR 5



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: 0 617 273 A3

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 94103973.7

(51) Int. Cl. 6: G01N 21/55, G02B 6/12,
G01N 21/77

(22) Anmeldetag: 15.03.94

(30) Priorität: 26.03.93 CH 927/93

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.09.94 Patentblatt 94/39

(64) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL
PT

(88) Veröffentlichungstag des später veröffentlichten
Recherchenberichts: 06.09.95 Patentblatt 95/36

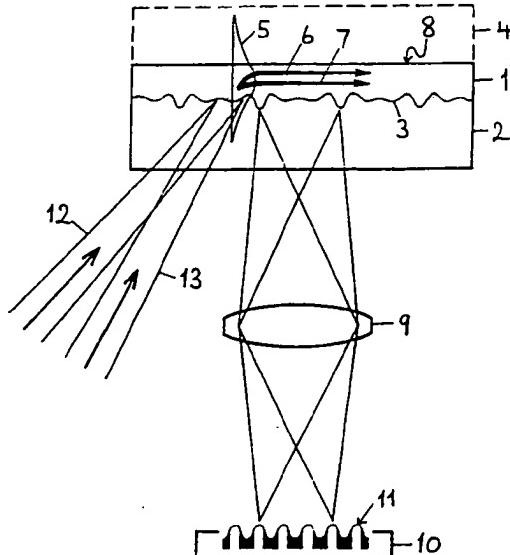
(71) Anmelder: F. HOFFMANN-LA ROCHE AG
Grenzacherstrasse 124
CH-4002 Basel (CH)

(72) Erfinder: Fattinger, Christof
Emmengasse 7
CH-4249 Blauen (CH)

(74) Vertreter: Buntz, Gerhard et al
Grenzacherstrasse 124
Postfach 3255
CH-4002 Basel (CH)

(54) Optisches Verfahren und Vorrichtung zur Analyse von Substanzen an Sensoroberflächen.

(57) Das optische Verfahren zur Analyse von Substanzen beruht auf der Messung der Ausbreitungseigenschaften optischer Oberflächenwellen an Sensoroberflächen. In einer wellenleitenden, mit einer Probe in Kontakt befindlichen Schichtstruktur geführte Lichtwellen werden mit einem Gitterkoppler ausgekoppelt. Die Koppelregion des Gitterkopplers wird auf einen ortsauf lösenden Detektor abgebildet, so dass die Ebene der wellenleitenden Schichtstruktur die Objektebene bildet und die Detektionsebene in der Bildebene der optischen Abbildung liegt. Die bei der Abbildung entstehende Lichtverteilung des ausgeteilten Wellenfeldes mit dem Detektor wird gemessen und zur Bestimmung der analytischen Messgröße verwendet. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht aus einem geeigneten wellenleitenden Sensor (1,2) mit Gitterkoppler (3), einer Abbildungsoptik (9) und einem optischen Detektor (10).



FIGUR 1

EP 0 617 273 A3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 94 10 3973

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CLS)
Y	SPIE, 5TH EUROPEAN CONFERENCE ON INTEGRATED OPTICS, Bd. 1141, 1989 Seiten 192-200, XP 000088970 W. LUKOSZ ET AL. * das ganze Dokument * ---	1-24, 28-41, 45-53	G01N21/55 G02B6/12 G01N21/77
Y	EP-A-0 455 067 (F. HOFFMANN- LA ROCHE AG) * das ganze Dokument * ---	1-8, 10-24, 28-32, 34-41, 45-53	
Y	EP-A-0 482 377 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) * Spalte 5, Zeile 41 - Zeile 43; Abbildung 2 *	9, 33	
X	WO-A-93 01487 (ARTIFICIAL SENSING INSTRUMENTS ASI-AG) * das ganze Dokument * ---	1, 28, 45	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.CLS)
A	WO-A-86 07149 (K. TIEFENTHALER ET AL.) * das ganze Dokument * ---	28, 45	
A	WO-A-91 10122 (BATTELLE DEVELOPMENT CORP.) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	45	
A	WO-A-89 09394 (ARESSERONO RESEARCH & DEVELOPMENT LTD PARTNERSHIP) * Seite 1 *	45	
A	WO-A-89 07756 (W. LUKOSZ) * Seite 16, Zeile 20 - Zeile 22 * ---	1 -/-	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
BERLIN	5.Juli 1995	Brison, O	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	I : aus andern Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 94 10 3973

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CLS)
A	DE-A-37 23 159 (PROSUMUS AG) * Abbildung 8 *	1,45	
A,D, P	DE-C-42 28 853 (SCHOTT GLASWERKE) * das ganze Dokument *	45	
A,P	APPLIED PHYSICS LETTERS, Bd. 62, Nr. 13, 29. März 1993 NEW YORK US, Seiten 1460-1462, XP 000355154 C. FATTINGER 'The bidiffractive grating coupler' * das ganze Dokument *	28,35	
RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechercheur BERLIN	Abschlußdatum der Recherche 5.Juli 1995	Prüfer Brison, O	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			